

生活環境としての大気汚染物質の解析技法の開発

神 部 順 子

要 約

環境問題への関心の高まりとともに大気汚染問題が注目されている。大気汚染物質と現象の関係は複雑であり、例えば現代のスモッグは太陽光、 NO_x （窒素酸化物）、エアロゾル（含 SPM）など多様な指標を組み合わせて評価しないと健康に関与する要因がわからない。東南アジアの大都市では大気汚染に関心が集まっている。今後、東アジア・東南アジアという大域的な地域を関連付けるためには、多様なデータを柔軟に取り扱うことのできるデータ解析技法の開発が必要である。

本研究は、浮遊粒子状物質（SPM）および窒素化合物（ NO_x ）といった大域的な大気汚染物質の生活空間に対する影響を解析するために、環境データに対する脳型情報処理による多変量解析技法を開発し、多様な大気環境指標の総合的・複合的評価を可能とすることを目的とする。そのために、東南アジアの大都市に出向き、環境指標である SPM を簡易装置を用いて測定し、大域的データの標準化を行うための基礎データを得た。同様に、江戸川大学（流山市）でも測定し、SPM 測定値と公的機関により測定されたデータとの関係を解析した。ここでは SPM 簡易測定と同時に、デジタルカメラによる撮影を行い、デジタル画像を解析した。SPM 簡易測定との対応をみることで、SPM 等の大気汚染物質の超簡易測定技術を開発することを目指しており、可視化する方法を確立した。

キーワード：SPM, デジタルカメラ, 大気汚染, 多変量解析

1. はじめに

環境問題は個別の地域を研究する時代から、大域的な地域を関連付けて考えなければならない時代になっている。東南アジアは経済発展の著しい地域であり、大気汚染はかなり憂慮される状況である。2008 年の北京オリンピックでも注目されたように、都市の大気汚染は複雑化し、かつ広域化しており、その観測精度および観測密度の向上と継続的なデータ解析が必要とされている。その他の東南アジアの大都市でも大気汚染に関心が集まっているが、例えば、現代のスモッグは太陽光、 NO_x （窒素酸化物）、エアロゾル（気体中に浮遊する微小な液体または固体の粒子、SPM も含む）

など多様な指標を組み合わせて評価しないと健康に関与する要因がわからない^[1]。また、環境データには欠測が多く、従来の多変量解析技法では欠測を含むデータのほとんどが捨て去られるため、多くの情報が失われる。さらに大域的な環境データは、測定者や測定方法などが異なるため、データを均質なものとして取り扱うことができない。そして、これまで街路付近の気流性状や自動車から排出される SPM の拡散については様々な解析や考察がなされているが、沿線の住宅地域を含めた“生活空間”といった視点で考える研究、つまり生活空間を考慮した面測定とそのシミュレーション研究はまだ充分ではない。また、こういった視点からの国際比較もあまり例がない。つまり、従来の観測法は複雑であり、高価な装置を必要とする。また、装置の維持費も大きい。そのため、大気汚染の観測には熟練を要し、大気汚染観測の多

2008 年 11 月 28 日受付

* 江戸川大学 情報文化科学科准教授 情報科学

くは行政（部局）単位で離散的に行われている。そのため、広域のデータの連続的かつ継続的な取得と解析は非常に難しい。特に浮遊粒子物質（Suspended Particulate Matter: SPM）による大気汚染は人の生活空間に密着しているものであり、SPMはいつでもどこでも観測可能である必要がある。従来の方法では、各地点の個々の時刻でのSPMの量は計れるが、その種類や空間分布の情報を得ることが非常に難しい。

本研究は、SPMおよびNO_xといった大域的な大気汚染物質の生活空間に対する影響を解析するために、欠測を含む環境データに対して脳型情報処理（人間が行っている情報を処理方法に取り込んだ手法）による多変量解析技法を開発し、多様な大気環境指標の総合的・複合的評価を得ることを目的とする。また、市販のデジタルカメラを用いSPMの簡易測定装置およびデジタル画像解析技術を開発する。デジタル画像解析を行うことで、SPMの空間分布、量、種類を簡便に測定可能とする。これにより大気汚染の観測精度および観測密度の向上と継続的なデータ解析を可能とすることを目指す。また日本を含む東アジアの大都市での簡易測定を行い、開発した方法の妥当性を検証する。

2. 研究方法

東南アジアの大都市に出向き、環境指標であるSPMを簡易装置を用いて測定し、大域的データの標準化を行うための基礎データを得る。同様に、江戸川大学（流山市）でも測定し、SPM測定値と千葉県の環境測定データとの関係を解析する。そこではSPM簡易測定と同時に、デジタルカメラによる撮影を行い、デジタル画像を解析する。SPM簡易測定との対応をみることで、SPM等の大気汚染物質の超簡易測定技術を開発することを目指す。これらのデータ収集と同時に、大域的な異なる手法によって測定されたデータの標準化を行う。以下のような3つのサブテーマを設定し、研究を進めていく。

(1) 欠測のあるデータを含む脳型多変量解析技術の開発に関する研究

公的機関による公表データ収集し、多変量解析（主成分分析とクラスター分析）を行い、それぞれの測定地点の関連と月別の特徴をみる。用いるデータは、2005年に東京都、千葉県、埼玉県、川崎市の各公的機関より発表された計314測定地点での1時間毎のSPMとNO_xのデータである。

(2) 東南アジアの大都市のSPM簡易測定とデータの標準化技法の開発に関する研究

東南アジアの複数の大都市での簡易測定とデジタル画像撮影を実施する。また、江戸川大学（流山市）でSPM、気圧、気温、湿度を測定し、千葉県の環境測定データとの関係を解析する。

(3) デジタル画像によるSPM簡易測定法の開発に関する研究

デジタルカメラにフィルターを付けて特別な波長を持つ光を撮影する。得られた画像の特徴抽出を行い、それとSPM測定値との比較から、画像の特徴とSPM測定値の関係を見出し、デジタル画像から環境データ測定技術の開発指針を得る。これは、宮崎大学工学部青山智夫によって開発された「rgbBRプログラム」を利用することで、散乱光分布異常性を見ることが可能となる。大気分子はRayleigh散乱を起こし、粒子径1~10μmのSPM粒子はMie散乱を起こすことを利用するものである。デジカメRAW形式で空を撮影し、画素の赤、緑、青色情報（R, G, B）を得るものである。

3. 結果・考察

(1) 欠測のあるデータを含む脳型多変量解析技術の開発に関する研究

東京都、千葉県、埼玉県、川崎市の各公的機関より発表された計314測定地点のSPMとNO_xについて、2005年の年間平均値 {最小値, 最大値} を [0, 1] で標準化したものを図1に示す。

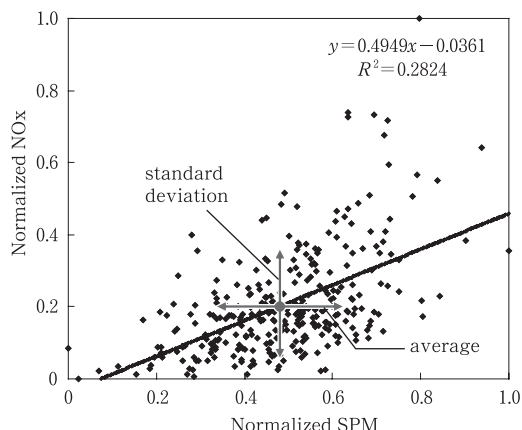


図1 各測定地点でのSPMとNO_xの年間平均値の相関図

NO_xは道路沿い、特に東京都と川崎市にある測定地点の値が大きい。SPMはNO_xが小さいところでも値の大きな測定地点がみられる。また、SPMの分布とNO_xの分布にほとんど相関はみられない。SPMはNO_xが小さいところでも値の大きな測定点が見られる。

SPMの主成分分析の寄与率は、第1主成分が73.1%、第2主成分が9.7%であった。NO_xの主成分分析の寄与率は、第1主成分が85.0%、第2主成分が5.4%であった。第1主成分は汚染の度合を、第2主成分は月別の特徴を示している。クラスター分析による月別のデンドログラムを図2に示す。SPMでは大きく2つのグループに分類されたが、5月と11月はこの2つのグループの中では特異な月であることがわかった。また、NO_xでは11月から3月までと、4月から10月が同じグループである。

(2) 東南アジアの大都市のSPM簡易測定とデータの標準化技法の開発に関する研究

2007年8月クアラルンプール、2008年2月バンコク、3月上海、4月天津、10月鄭州において、デジタル粉塵計を用いてSPMを測定し、東南アジアの大気汚染が深刻化していることを確認した。

また、2008年2月7日から14日までの江戸川大学（流山市）で測定したものを図3に示す。横

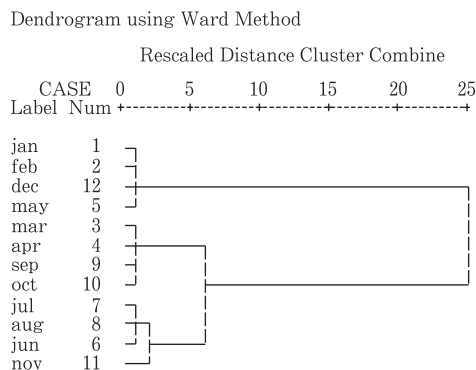


図2-1 SPMの月別デンドログラム

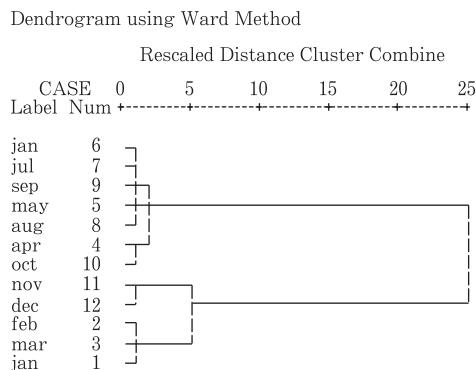


図2-2 NO_xの月別デンドログラム

軸は時刻で、縦軸はSPM [CPM]、温度 [°C]、気圧 - 1000 [hPa]、湿度 [100-RH [%]] である。湿度は逆向きに描いたものである。SPMを基準とし、温度、湿度、気圧には適切な乗数を掛けて変化の比較を容易にしている。SPMピークA～Dはいずれも湿度が上昇していることから、水滴のSPMである。また、12日15時のピークCが最も汚れていることがわかる。これらは公的機関による千葉県我孫子市のデータと似た傾向を示しているが、SPMについては、公的機関でのβ線照射法と江戸川大学でのレーザ光散乱方式という計測機器の種類の違いが影響していることがわかった。つまり、江戸川大学でのSPM計測機器では湿度の影響を大きく受けている。今後、この点に考慮しながら分析する必要がある。

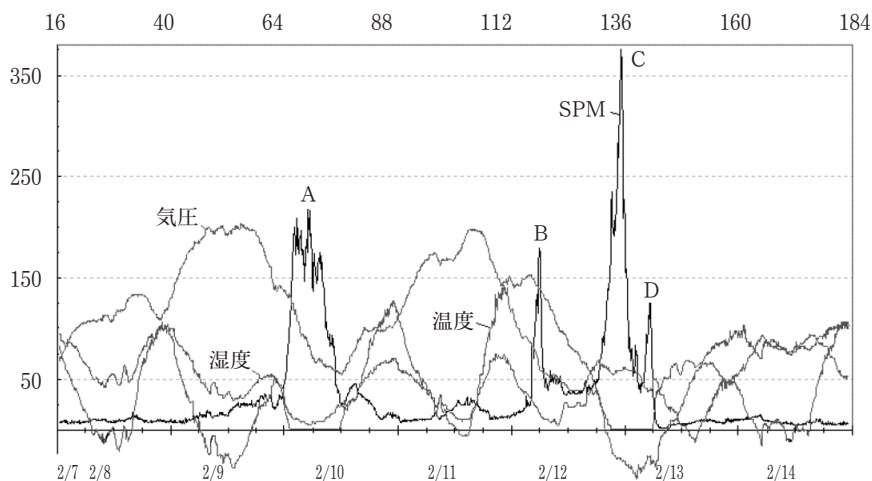


図3 江戸川大学での観測結果 (2008年2月7日から14日)

(3) デジタル画像による SPM 簡易測定法の開発に関する研究

通常空中の SPM を観測するにはライダーが用いられる^[2]。ライダーは高価で個人的に導入できるものではないため、観測地点が離散的である。地表近くでは、主に粉塵計が用いられるが、これも高価であり、官公庁が運営している事が多く、また離散的かつ偏在している。さらに問題なのは時々停止することである。これらの測定では SPM の量だけが測定できるが、その空間分布や成分をうかがい知ることはできない。もちろん SPM は視認性が薄いため、通常の眼やデジタルカメラ画像ではその分布を明確にすることはできない。

流山市の夕方、西方向の空の画像から R 成分を抽出し、強調した画像を図4に示す。白い円で囲った部分に霧状の何かが存在することがわかる。

同様に、マレーシアのクアラルンプール上空での朝の画像を図5に示す。図5より30分前に撮影したものにはこういった霧状のものは見られず、交通渋滞が始まった後に発生した大気状況の変化をデジタルカメラで捉えることが可能である。図5の縦軸に平行に引いた線の部分を処理したものを図6に示す。図6の $\{b/r\}$ 曲線は、図5のうち、円で囲った部分に Mie 散乱の多い部分があ



図4 流山市上空のコントラスト強調 R 画像 (2007年7月9日18時35分)

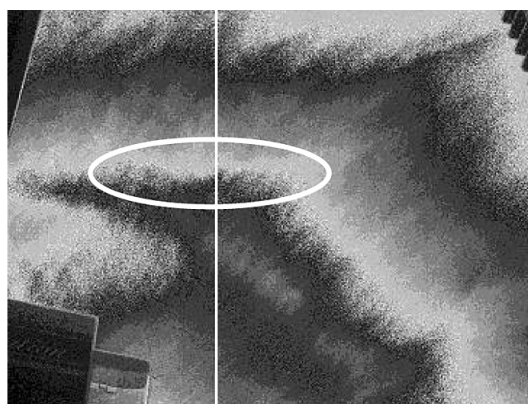


図5 クアラルンプール上空のコントラスト強調 R 画像 (2007年8月8日9時6分)

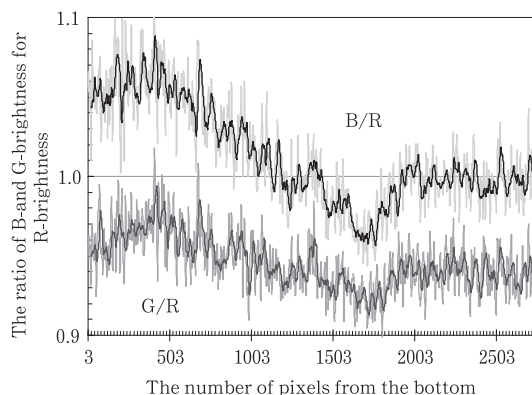


図6 図5中の白線の大気の $\{g/r\}$, $\{b/r\}$ 曲線

ることを示す。すなわち、SPM が存在することを示している。

このようにデジタル画像をコントラスト処理することでSPMの視認性を高め、その空間分布を

見ることができる。さらに時間経過を見ることによって、その空間分布の時間変化を見ることが可能となった。

謝 辞

本研究は、地球環境研究総合推進費 H19 地球環境研究革新型研究課題浮遊粒子状物質 (SPM) および大気汚染物質の脳型多変量解析技法の開発 (FY2007-FY2008) 代表：神部順子の補助を受けている。

参考文献

- [1] 工藤翔二 (2004) 生活環境中の汚染物質の健康影響に関する研究
独立行政法人環境再生保全機構ホームページ
http://www.erca.go.jp/asthma2/library/investigate/4/3_3.html
- [2] 国立環境研究所ライダーホームページ
<http://www.lidar.nies.go.jp>